

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-338545

(43)Date of publication of application : 22.12.1998

(51)Int.CI.

C03C 10/04

C03C 3/089

H01F 17/00

(21)Application number : 09-160456

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 03.06.1997

(72)Inventor : SASAKI MASAMI
OKAWA HIROSHIGE
SUZUKI YASUYOSHI
MASUDA HIDEKI
ABE TOSHIYUKI
SUDA AKIRA

(54) NONMAGNETIC CERAMIC AND CERAMIC LAMINATED PARTS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain nonmagnetic ceramic and ceramic laminated parts having a low dielectric constant and satisfactory characteristics in a high frequency band when the parts are used as ceramic laminated parts each having an inductor part, capable of firing at a low temp. at which a silver electrode can be used, capable of suppressing the deformation of chips and the occurrence of cracks at the time of sintering and capable of increasing mechanical strength.

SOLUTION: A laminated ceramic inductor is, e.g. obtd. using nonmagnetic ceramic contg. 5-40 wt.% α -quartz and 5-60 wt.% zinc silicate dispersed in 35-75 wt.% matrix of borosilicate glass contg. 70-90 wt.% SiO₂ and 10-30 wt.% B₂O₃.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-338545

(43) 公開日 平成10年(1998)12月22日

(51) Int. C1.⁶
C 0 3 C 10/04
3/089
H 0 1 F 17/00

識別記号

F I
C 0 3 C 10/04
3/089
H 0 1 F 17/00

D

審査請求 未請求 請求項の数 7

F D

(全10頁)

(21) 出願番号 特願平9-160456

(22) 出願日 平成9年(1997)6月3日

(71) 出願人 000003067
ティーディーケイ株式会社
東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(72) 発明者 佐々木 正美
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
一ディーケイ株式会社内
(72) 発明者 大川 博茂
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
一ディーケイ株式会社内
(72) 発明者 鈴木 康義
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
一ディーケイ株式会社内
(74) 代理人 弁理士 石井 陽一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非磁性セラミックおよびセラミック積層部品

(57) 【要約】

【課題】 インダクタ部を有するセラミック積層部品として用いた場合、誘電率が低く、高周波領域での特性が良好で、かつ銀電極が使用可能な低温焼成を可能とし、焼結時におけるチップの変形やクラックの発生を抑制でき、しかも、機械的強度を高くできる非磁性セラミックおよびセラミック積層部品を提供する。

【解決手段】 3.5 wt%~7.5 wt%の硼珪酸ガラスのマトリクス中に、5~40 wt%の α -石英と、5 wt%~60 wt%の珪酸亜鉛とが分散されており、前記硼珪酸ガラスは SiO_2 および B_2O_3 の含有率がそれぞれ、 $SiO_2 = 7.0 \sim 9.0$ wt%、 $B_2O_3 = 1.0 \sim 3.0$ wt%、である非磁性セラミック用いて積層セラミックインダクタ等を得る。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 35wt%～75wt%の硼珪酸ガラスのマトリクス中に、5～40wt%の α -石英と、5wt%～60wt%の珪酸亜鉛とが分散されており、前記硼珪酸ガラスは SiO_2 および B_2O_3 の含有率がそれぞれ、 $\text{SiO}_2 = 70 \sim 90\text{wt\%}$ 、 $\text{B}_2\text{O}_3 = 10 \sim 30\text{wt\%}$ 、である非磁性セラミック。

【請求項2】 前記硼珪酸ガラスと、 α -石英と、珪酸亜鉛とを混合した後、これを焼成して得られる請求項1の非磁性セラミック。

【請求項3】 前記硼珪酸ガラスは副成分として K_2O 、 Na_2O 、 BaO 、 SrO 、 Al_2O_3 および CaO のうちの少なくとも1種以上を統計で5wt%以下含有する請求項1または2の非磁性セラミック。

【請求項4】 前記 α -石英の平均粒径が0.1～5.0 μm である請求項1～3のいずれかの非磁性セラミック。

【請求項5】 誘電率が4.0～5.4である請求項1～4のいずれかの非磁性セラミック。

【請求項6】 少なくとも請求項1～5のいずれかの非磁性セラミックを用いたインダクタ部を有するセラミック積層部品。

【請求項7】 内部導体として Ag または Au を主成分とする合金を用いた請求項6のセラミック積層部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、非磁性セラミックと、この非磁性セラミックを用いて製造されたインダクタ部等を有するセラミック積層部品とに関する。

【0002】

【従来の技術】 電子部品のSMD（表面実装部品）化が進む中、また、通信機などに用いられる高周波用の部品の高性能化の要求に伴ない、チップフィルタやチップインダクタ等のセラミック積層部品が広く採用されている。チップフィルタやチップインダクタのインダクタ部は、巻線を用いることなく、磁性体ペーストと導体ペーストとを交互に積層した後、焼成して一体化することにより製造される。

【0003】 セラミック積層部品のインダクタ部のセラミック磁性層には、低温焼成が可能であり、また、高周波特性が比較的優れていることから、 $\text{Ni}-\text{Cu}-\text{Zn}$ フェライト等が選択されることが一般的である。また、内部導体の導電材としては、抵抗率の低い Ag あるいは Ag 合金が用いられている。

【0004】 しかし、 $\text{Ni}-\text{Cu}-\text{Zn}$ フェライトは誘電率が $\epsilon = 10 \sim 15$ 程度であるため、内部導体パターンの間隔が狭い場合に導体パターン間の浮遊容量を小さくすることが難しい。このため、内部導体パターンが狭

い場合には自己共振周波数を高くすることができず、高周波での使用に制限を受けてしまう。

【0005】 このような事情から、特開平4-7809号公報では、「絶縁体層間を端部が接続されながら積層方向に重畳して周回する導体パターンを具えた積層セラミックインダクタにおいて、該絶縁体層を形成する材料が非磁性セラミック材料であることを特徴とする積層セラミックインダクタ」が提案されている。前記非磁性体セラミック材料としては、「ガラスとコーディエライトの混合物」および「ガラスとコーディエライトにムライトを添加した混合物」が例示されており、前記ガラスとしては、 SiO_2 が63～85wt%、 B_2O_3 が3～28wt%の範囲の硼珪酸ガラスが好ましい旨の記述がある。同公報では、絶縁体層にこのような非磁性セラミック材料を用いることにより、絶縁体層の誘電率を低くして自己共振周波数を高くし、高周波帯域に対応可能としており、また、低温での焼成を可能として銀電極の使用を可能としている。

【0006】 しかし、同公報記載の非磁性セラミック材料を用いた場合、積層セラミックインダクタの抗折強度を十分に高くすることができない。このため、表面実装部品に要求されるたわみ強度が不十分となることがある。また誘電率もフェライトを含む材料の1/2程度、つまり、 $\epsilon = 5.5 \sim 6.5$ 程度であり、携帯電話等の高周波回路に用いる部品に使用するには十分な値とは言えない。

【0007】 また、本発明者は先に硼珪酸ガラスと溶融 SiO_2 との組成物を用い、誘電率 $\epsilon = 4.2$ を実現している。しかしながら、以下のような問題点を有していた。非磁性セラミック材料としての硼珪酸ガラスと SiO_2 ガラスから成る組成物において、 SiO_2 ガラスを25wt%以上添加すると、焼結時にクリストバライドの結晶成長が生じる。このとき、特に導体である Ag の周囲に結晶化度の高い部分が偏在する。また、このクリストバライドの結晶成長に起因する熱膨張率の変化は100°Cから300°Cに上昇するときに顕著となり、0%から0.260%ないし0.270%にまで上昇してしまう。このため、導体周囲に偏在したクリストバライド結晶成長による急峻な膨張により、内部応力が発生し、特に巻数の多いインダクタを製造した場合、チップの変形や導体周囲にクラックを生じてしまう。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、インダクタ部を有するセラミック積層部品として用いた場合、誘電率が低く、高周波領域での特性が良好で、かつ銀電極が使用可能な低温焼成を可能とし、焼結時におけるチップの変形やクラックの発生を抑制でき、しかも、機械的強度を高くできる非磁性セラミックおよびセラミック積層部品を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記(1)～(7)のいずれかの構成により達成される。

(1) 35wt%～75wt%の硼珪酸ガラスのマトリクス中に、5～40wt%の α -石英と、5wt%～60wt%の珪酸亜鉛とが分散されており、前記硼珪酸ガラスは SiO_2 および B_2O_3 の含有率がそれぞれ、 $SiO_2 = 70\sim90\text{wt\%}$ 、 $B_2O_3 = 10\sim30\text{wt\%}$ 、である非磁性セラミック。

(2) 前記硼珪酸ガラスと、 α -石英と、珪酸亜鉛とを混合した後、これを焼成して得られる上記(1)の非磁性セラミック。

(3) 前記硼珪酸ガラスは副成分として K_2O 、 Na_2O 、 BaO 、 SrO 、 Al_2O_3 および CaO のうちの少なくとも1種以上を統計で5wt%以下含有する上記(1)または(2)の非磁性セラミック。

(4) 前記 α -石英の平均粒径が0.1～5.0 μm である上記(1)～(3)のいずれかの非磁性セラミック。

(5) 誘電率が4.0～5.4である上記(1)～(4)のいずれかの非磁性セラミック。

(6) 少なくとも上記(1)～(5)のいずれかの非磁性セラミックを用いたインダクタ部を有するセラミック積層部品。

(7) 内部導体として Ag または Ag を主成分とする合金を用いた上記(6)のセラミック積層部品。

【0010】

【作用および効果】本発明では、セラミック積層部品のインダクタ部に、従来のフェライト磁性層に代えて、硼珪酸ガラスをマトリクスとし、 α -石英および、骨材として珪酸亜鉛を用いた非磁性セラミック層を用いる。この非磁性セラミック層は、フェライト磁性層に比べ誘電率が著しく低いため、自己共振周波数を飛躍的に高くすることができる。このため、高周波帯域への対応が容易となり、セラミック積層部品の構造設計の自由度も高くなる。そして、前記非磁性セラミック層は、緻密に焼結できる温度が低いため、融点は低いが特性の良好な Ag を内部導体に用いることができる。

【0011】また、本発明では、 α -石英と、骨材として珪酸亜鉛とを添加しているので、高い抗折強度が得られ、表面実装部品として十分なたわみ強度が得られる。

【0012】また、焼結時におけるクリストバライドの結晶成長が抑制されるため、巻数の多いインダクタを製造した場合でも、内部応力によるチップの変形やクラックの発生がない。

【0013】なお、特開昭63-265858号公報には、珪酸亜鉛と B_2O_3 2.5～30モル%， SiO_2 2.5～50モル%の硼珪酸ガラスとを用いたセラミックが開示されているが、このものでは、焼結温度を960°C以下としにくい。このため、内部導体に Ag (100%程度のもの)を使用しにくく、誘電率が6以下と

不十分であり、良好な周波数特性が得られない。また曲げ強度も低い。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的構成について詳細に説明する。

【0015】<非磁性セラミック>本発明の非磁性セラミックは、通常、インダクタ部を有する各種セラミック積層部品の製造に適用される。

【0016】本発明の非磁性セラミックは、マトリクスとしての硼珪酸ガラスと、 α -石英と、骨材としての珪酸亜鉛との混合組成であり、その組成率は、硼珪酸ガラス35wt%～75wt%、特に60wt%～70wt%、 α -石英5～40wt%、特に10～35wt%、珪酸亜鉛5wt%～60wt%、特に5wt%～30wt%の範囲で混合し、焼結することにより得られる。

【0017】上記の範囲の混合組成で得られた非磁性セラミックは、フェライトと比較して格段に低い値の誘電率となり、この非磁性セラミックを用いてセラミック積層部品のインダクタを形成することにより、高周波特性に優れたセラミック積層部品を提供することができる。

この際、絶縁抵抗、抗折強度、焼結性、印刷性とも十分良好である。硼珪酸ガラスが75wt%超、あるいは35wt%未満となると、これらの特性の何れかが臨界的に低下する。より具体的には、硼珪酸ガラスの含有率が75wt%を超えると抗折強度が低下し、焼結時にチップの変形が生じことがある。また、硼珪酸ガラスの含有率が35wt%に満たない場合には、焼成温度が高くなり、抗折強度が低下し、焼結性とも悪くなる。常温での誘電率は上記範囲の組成中であれば、 $\epsilon = 4.0 \sim 5.4$ 、さらには4.1～5.0、特に4.1～4.5と十分優れた値を示す。また、抗折強度も十分優れた値を得ることができる。

【0018】本発明でマトリクスとして用いる硼珪酸ガラスの組成は、 SiO_2 の含有率70～90wt%、好ましくは75～85wt%であり、 B_2O_3 の含有率10～30wt%、好ましくは15～25wt%である。このような組成範囲とすることにより、軟化点が後述するように低くなるので、 Ag を主体とする電極との同時焼成が可能となる。また、このような組成範囲とすることにより、良好な誘電率や抗折強度が得られる。

【0019】なお、この他 K_2O 、 Na_2O 、 BaO 、 SrO 、 CaO 等の少なくとも1種以上が統計で約5wt%以下含まれていてもよい。特に、 BaO 、 SrO 、 CaO 等はグリーンチップ表面に析出する B_2O_3 を抑制することに効果があり、 K_2O 、 Na_2O については焼結性に効果がある。これらの酸化物は、上記化学量論組成から多少偏倚していても良く、これらを2種以上添加する場合の混合比は任意である。

【0020】主成分中における硼珪酸ガラスの比率が低すぎると、非磁性セラミックの焼成温度が高くなるの

で、 A_g を主体とする電極と同時に焼成する場合、緻密に焼結できなくなる。一方、硼珪酸ガラスの比率が高すぎると、焼結が進みすぎて変形した焼結体となってしまう。硼珪酸ガラスの軟化点は、好ましくは750~870°C、より好ましくは800~850°Cである。軟化点が低すぎると焼結が進みすぎて変形した焼結体となってしまい、軟化点が高すぎると焼結が不十分となって緻密に焼結できなくなる。原料の硼珪酸ガラスの平均粒径は特に限定されないが、通常、0.5~5.0 μm のものを用いることが好ましい。

【0021】上記主成分に対する添加物として、 α -石英を用いる。この α -石英には、不純物として、 $A_{12}O_3$ 、 CaO 、 Fe_2O_3 等が統計100ppm以下程度含有されていてもよい。この α -石英は、主に抗折強度の向上を目的として添加される。 α -石英の、硼珪酸ガラスと珪酸亜鉛に対する比率が高すぎると焼結性が悪化し、十分な抗折強度が得られない。また、硼珪酸ガラス7.5wt%超、珪酸亜鉛5wt%未満の組成に対する添加では、抗折強度が弱くなり、チップの変形を生じことがある。添加する α -石英の粒径としては、特に限定されるものではないが、好ましくは0.1~5.0 μm 、特に0.5~3.0 μm 程度である。原料の粒径サイズと、焼成後の α -石英の粒径サイズとは、ほぼ同一である。

【0022】本発明では骨材として珪酸亜鉛を用いる。この珪酸亜鉛は Zn_2SiO_4 の組成をもつが、この組成から多少偏倚していても良い。また珪酸亜鉛には、10wt%以下の範囲で、 $A_{12}O_3$ 等が、また不純物として統計100ppm以下程度の CaO 、 ZrO_2 、 MgO 、 BaO 等が含有されていても良い。

【0023】骨材は、主に抗折強度向上のために添加される。主成分中における骨材の比率が低すぎると、抗折強度が不十分となり、チップの変形が生じる。一方、骨材の比率が高すぎると、焼結性が悪くなつて十分な抗折強度が得られない。また、硼珪酸ガラス7.5wt%超、 α -石英5wt%未満の組成に対する添加では、抗折強度が低下し、チップの変形を生じることがある。セラミック中の骨材の平均粒径は特に限定されないが、通常、0.5~10 μm 、より好ましくは、0.5~5 μm することが好ましい。前述のとおり、原料骨材および硼珪酸ガラスもこれと同等の平均粒径とすれば良い。この硼珪酸ガラスは焼結後、 α -石英と、骨材とを取り囲んでマトリクスを形成する。

【0024】<有機ビヒクル>ペースト化は、上記の混合組成で与えられるマトリクス材としての硼珪酸ガラスと、骨材としての珪酸亜鉛と、 α -石英と、有機ビヒクルとを混合することにより行なう。有機ビヒクルは、バインダを有機溶剤中に溶解したものである。有機ビヒクルに用いるバインダは特に限定されず、エチルセルロース等の通常の各種バインダから適宜選択すればよい。ま

た、有機溶剤も特に限定されず、印刷法やシート法など、利用する方法に応じて、公知の各種有機溶剤から適宜選択すればよい。例えば、印刷法を用いる場合は、急速な揮発を抑えるために比較的高沸点の有機溶剤、例えば、ブチルカルビトール、テルピネオール等の1種以上を用いることが好ましく、また、シート法を用いる場合には、迅速に揮発させるために比較的低沸点の有機溶剤、例えば、エタノール、メタノール、トルエン、プロパンオール、ブタノール、アセトン、MEK(メチルエチルケトン)、MIBK(メチルイソブチルケトン)等の1種以上を用いることが好ましい。いずれの場合も混合溶剤としても良い。

【0025】非磁性セラミック組成物、つまりマトリクス材としての硼珪酸ガラスと骨材としての珪酸亜鉛と α -石英とに対するバインダおよび溶剤の比率は特に限定されず、通常の比率、例えば、非磁性セラミック組成物100重量部に対しバインダは5~15重量部程度、溶剤は100~200重量部程度とすればよい。また、ペースト中には、必要に応じて各種分散剤や可塑剤などの添加物が含有されていてもよい。ペースト中におけるこれら添加物の総含有量は、10wt%以下とすることが好ましい。

【0026】<焼成>本発明に用いる非磁性セラミック組成物の焼成温度は、好ましくは820~920°C、より好ましくは850~890°Cである。本発明の非磁性セラミック組成物はこのような比較的低温で焼成可能である。なお、焼成温度が低すぎると、緻密な焼結体を得ることが難しくなる。焼成時間は、好ましくは0.05~5時間、より好ましくは0.1~3時間である。焼成雰囲気は、同時に焼成する内部導体の構成によつても異なるが、内部導体に A_g 系材料を用いる場合には、通常、空气中で行なう。

【0027】<セラミック積層部品>本発明のセラミック積層部品は、非磁性セラミック層と内部導体とを積層して構成されるインダクタ部を少なくとも有する。前記非磁性セラミック層は、上記非磁性セラミック組成物を用いたものである。このようなセラミック積層部品としては、例えば、図1に示されるような積層セラミックインダクタや、図2に示されるようなLC複合部品などが挙げられる。

【0028】積層セラミックインダクタ
図1に示される積層セラミックインダクタは、非磁性セラミック層6と内部導体5とを積層して構成されるインダクタチップ体10と、このインダクタチップ体10表面に設けられた外部電極41、45とを有する。

【0029】積層セラミックインダクタ各部の構成は、従来公知の各種構成から選択すればよく、例えば、外形はほぼ直方体状の形状とされる。そして、通常、図1に示されるように、非磁性セラミック層6内において内部導体5は螺旋状に配置されて内部巻線を構成し、その両

端部は外部電極41, 45に接続される。内部導体5の巻線パターンは特に限定されず、またその巻数も用途に応じ適宜選択すればよい。この場合の巻数は通常1.5～1.5ターンが可能である。積層セラミックインダクタ各部の寸法は特に限定されず、用途に応じて適宜決定すればよい。非磁性セラミック層の厚さは2.0～10.0μm程度とする。外部電極の厚さは通常1.0～1.00μm程度であり、Cu、Ni、Sn等のメッキ被覆層を含めた合計厚さは1.5～1.30μm程度とされる。外部電極の幅は目的に応じて選定されるが、通常、0.2mm以上、好ましくは0.2～0.4mm程度とされる。内部導体5の厚さは、通常、5～30μm程度、また、1ターンの厚み（電極+層間）は、通常、4.0～10.0μm程度とされる。インダクタチップ体10の寸法も特に限定されず、用途に応じて適当な寸法とすればよいが、通常、(1.0～4.5mm)×(0.5～3.2mm)×(0.6～2.0mm)程度である。この場合、非磁性セラミック層6は、上述した非磁性セラミックを用いたものである。

【0030】内部導体5に含有される導電材は、比抵抗の小さいAgを主体とするものであることが好ましい。Agを主体とする導電材としては、Ag、または、Ag-Pd、Ag-Pt、Ag-Pd-Pt等のAg合金が好ましく、特にAg(100wt%程度)が好ましい。Ag合金中のAgの含有率は、75wt%以上であることが好ましい。内部導体ペーストは、上記した各種導電性金属や合金からなる導電材、あるいは焼成後に上記した導電材となる各種酸化物、有機金属化合物、レジネート等と、上記したような有機ビヒクルとを混練して調製する。

【0031】外部電極41, 45には、Agを主体とする導電材を用いることが好ましい。Agを主体とする導電材としては、AgまたはAg合金が好ましく、特にAgが好ましい。また、Ag合金としては、Ag-Pd合金、Ag-Cu合金が好ましく、これらのうちではAg-Pd合金が好ましい。Ag合金中のAgの含有率は、75wt%以上であることが好ましい。外部電極中には、硼珪酸鉛ガラス等の各種ガラスが含有されていてもよい。外部電極41, 45は単独の電極層としてもよいが、さらに、Cu、Ni、Snあるいはハンダ等から形成される被覆層を設けることが好ましい。このような被覆層は、ハンダ付けの際のハンダ濡れ性、ハンダ耐熱性を向上させる。外部電極ペーストは、内部導体ペーストと同様にして調製すればよい。なお、外部電極41, 45を設けることにより、メッキ処理時に被覆層と相俟つて内部導体5へのメッキ液の進入を防ぎ、内部導体5の浸食を防止できる。

【0032】積層セラミックインダクタを印刷法により製造する場合、図3に示されるように、まず、非磁性セラミック組成物ペースト6' と内部導体ペースト5' と

を、内部導体ペースト5' がコイルパターンとなるようにPETフィルム等を張り付けた基板上に交互に印刷して積層体を形成する。次に、所定の形状および寸法となるように切断してグリーンチップとした後、基板から剥離する。一方、シート法により製造する場合、まず、非磁性セラミック組成物ペーストを用いてグリーンシートを形成し、グリーンシートに導通のためのスルーホールを穿設する。次いで、グリーンシートに内部導体ペーストを印刷してこれらを積層し、得られた積層体を切断してグリーンチップを形成する。次いで、グリーンチップを前述の820°C～920°Cの範囲で焼成し、インダクタチップ体を得る。焼成後、外部電極ペーストをインダクタチップ体に印刷ないし転写して焼成することにより、積層セラミックインダクタが得られる。外部電極用ペーストの焼成条件は、例えば、600～800°Cにて10分間～1時間程度とすることが好ましい。このようにして製造された積層セラミックインダクタは、ハンダ付等によりプリント基板上などに実装され、各種電子機器等に使用される。

20 【0033】LC複合部品

図2に示されるLC複合部品100は、インダクタチップ体10とコンデンサチップ体11とを積層一体化したものである。インダクタチップ体10は、前記した積層セラミックインダクタのインダクタチップ体10と同様な構成とすればよい。インダクタチップ体10表面およびコンデンサチップ体11表面に設けられる外部電極41は、前記積層セラミックインダクタの外部電極41, 45と同様な構成とすればよい。内部導体5は、前述した図1の内部導体5と同様な構成とすればよい。

30 【0034】コンデンサチップ体11は、通常の積層セラミックコンデンサのチップ体と同様な構成とすればよい。図示例では、内部電極層25を介してセラミック誘電体層3を積層してある。セラミック誘電体層3には種々の誘電体材料を用いてよいが、低温での焼成が可能であることから、酸化チタン系誘電体材料を用いることが好ましいが、チタン酸系複合酸化物、ジルコン酸系複合酸化物、あるいはこれらの混合物を用いることもできる。なお、焼成温度を低下させるために、セラミック誘電体層には硼珪酸ガラス等のガラスが含有されていてもよい。具体的には、酸化チタン系としては必要に応じNiO、CuO、Mn₃O₄、Al₂O₃、MgO、SiO₂等を含むTiO₂等が、チタン酸系複合酸化物としてはBaTiO₃、SrTiO₃、CaTiO₃、MgTiO₃やこれらの混合物等が、ジルコン酸系複合酸化物としてはBaZrO₃、SrZrO₃、CaZrO₃、MgZrO₃やこれらの混合物等が挙げられる。誘電体層の積層数は目的に応じて定めればよいが、通常1～100程度である。また、一層あたりの厚さは、通常5～50μm程度である。

40 【0035】本発明は、上述した積層セラミックインダクタを印刷法により製造する場合、図3に示されるように、まず、非磁性セラミック組成物ペースト6' と内部導体ペースト5' と

クタやLC複合部品の他、例えば、特公平3-58164号公報に開示されているようなシールド型積層セラミックインダクタにも適用できる。シールド型積層セラミックインダクタの構成例を図5に示す。このシールド型積層セラミックインダクタは、内部磁性体層が積層された内部磁性体71と、非磁性セラミック層6と内部導体5とを積層したコイル部と、外部磁性体層が積層された外部磁性体72とを有し、内部磁性体をコイル部が包囲し、さらにコイル部を外部磁性体が包囲する構成となっている。内部導体5は、非磁性セラミック層6の層間から層間へと延び、内部磁性体の周りを垂直方向に螺旋を描くように周回している。内部導体の端部は外部磁性体の表面に引き出され、図示しない外部電極と接続される。非磁性セラミック層6は、本発明の非磁性セラミック組成物を用いたものである。

【0036】この他、本発明は、インダクタ部を有する積層混成集積回路素子にも適用可能である。積層混成集積回路素子は、例えば、積層セラミックインダクタやLC複合部品上に、抵抗体、コンデンサ、IC等を載せたものである。この他にも、非磁性セラミック層を有するセラミック積層部品であれば、どのような構成のものであっても本発明を適用することができる。

【0037】

【実施例】以下、本発明の具体的な実施例を示し、本発明をさらに詳細に説明する。

【0038】<実施例1>表1に示す粉末からなる非磁性セラミック組成物と、有機ビヒクルとをライカイ機で3時間混練して、非磁性セラミック組成物ペーストを調製した。硼珪酸ガラスとして、 SiO_2 : 8.0wt%、 B_2O_3 : 1.8wt%、 K_2O : 2wt%を含むものを用いた。各粉末の平均粒径は、

硼珪酸ガラス : 1.2 μm 、

Zn_2SiO_4 (珪酸亜鉛) : 0.5 μm 、

α -石英 : 0.7 μm 、

とした。有機ビヒクルには、エチルセルロースをテルピネオールに溶解したものを用いた。混合比率は、非磁性セラミック組成物100重量部に対し、エチルセルロース10重量部、テルピネオール140重量部とした。

【0039】非磁性セラミック組成物の焼結後の誘電率を測定するために、積層セラミックコンデンサを作製した。まず、非磁性セラミック組成物ペーストだけをスクリーン印刷により200 μm 厚まで積層し、次いで下記の内部電極層ペーストと非磁性セラミック組成物ペーストとをスクリーン印刷により交互に積層し、乾燥して、

グリーン積層体とした。内部電極層ペーストにはAg100重量部に対し、エチルセルロース5~15重量部、テルピネオール30~50重量部とした。

【0040】次いでグリーン積層体を切断してグリーンチップとした後、空気中において2時間焼成し、コンデンサチップ体とした。焼成温度を表1に示す。内部電極層に挟まれた非磁性セラミック層の厚さは70 μm 、内部電極層の厚さは10 μm 、コンデンサチップ体の平面寸法は4.5mm×3.2mm、積層方向の厚さは0.81mmであった。次いで、コンデンサチップ体の外面に外部電極ペーストを塗布して620°Cで10分間焼付し、積層セラミックコンデンサとした。これらの積層セラミックコンデンサについて、非磁性セラミック層の誘電率および絶縁抵抗と、全体の抗折強度とを求めた。結果を表1に示す。焼結性評価の基準は、

○ : 焼結による収縮率が15%以上

× : 焼結による収縮率が15%未満とした。

【0041】なお、比較のために、非磁性セラミック組成物に替えて従来の積層セラミックインダクタに用いられているNi-Cu-Znフェライトを用い、上記と同様な評価を行なった。また、全ての試料のチップの変形について評価した。

【0042】チップの変形についての評価基準は、チップのコーナー部の変形による曲率半径(R)寸法で評価した。すなわち、チップの端部に塗布した外部電極の厚みを40 μm ~100 μm の範囲とし、コーナー部から素体の面に回り込む電極の長さを(B寸法) 300 μm とした。この際、外部電極を正常にチップに塗布できるコーナー部の曲率半径の範囲を50~100 μm と規定して、これを良品とした。曲率がこれより大きい場合には外部電極が厚く付着してしまうと共に、チップの端部の外部電極を塗布する部分以外の余分な部分にも丸みができてしまう。また、曲率が小さい場合にはチップ端部のコーナー部分における外部電極の厚みが薄くなってしまうと共にチップとの密着性が悪くなってしまう。以下にその判断基準を示す。

○ : 50~100 μm

△ : 40 μm 以上~50 μm 未満、100 μm 超~150 μm 以下

× : 40 μm 未満、150 μm 超とした。結果を表1に併記する。

【0043】

【表1】

表 1

非磁性セラミック 組成物 No.	組成 (重量 %)			焼成温度 (°C)	誘電率 (ε)	絶縁抵抗 (Ω)	抗折強度 (Kgf/mm ²)	焼結性	チップ の塗装
	珪藻 ガラス	α -石英	骨材 珪藻土						
1 (比較)	15*	5	80*	900	5.5	1×10^{10}	9.6		
2 (比較)	25*	5	70*	890	5.3	1×10^{11}	12.3		
3	35	5	60	870	5	1×10^{14}	14.4		
4 (比較)	40	50*	10	900	4.2	1×10^{10}	5.3		
5	50	40	10	860	4.2	1×10^{13}	15.2		
6	50	30	20	860	4.3	1×10^{13}	14.7		
7	50	20	30	860	4.5	1×10^{13}	13.4		
8	60	35	5	860	4.1	1×10^{13}	16.8		
9	60	30	10	860	4.2	1×10^{13}	16.5		
10	60	20	20	860	4.3	1×10^{13}	15.7		
11	60	10	30	860	4.5	1×10^{13}	14.6		
12	70	25	5	860	4.1	1×10^{13}	16.2		
13	70	20	10	860	4.2	1×10^{13}	16.0		
14	70	10	20	860	4.3	1×10^{13}	15.2		
15	70	5	25	860	4.4	1×10^{13}	14.0		
16 (比較)	80*	10	10	860	4.2	1×10^{13}	8.5		
17 (比較)	90*	5	5	850	4.1	1×10^{13}	7.2		
18 (比較)	Ni-Cu-Znフェライト フルステライト			870	13	1×10^{14}	13		
19 (比較)	フォルステライト $B_2O_3-SiO_2-CaO-BaO$ 系			870	6.5	1×10^{13}	13.2		
20 (比較)	$B_2O_3-SiO_2-CaO-BaO$ 系			980	6.4	1×10^{13}	15.2		

* は範囲外を表す

【0044】表1に示されるように、本発明の非磁性セラミック組成物を用いた非磁性セラミック層の誘電率は、Ni-Cu-Znフェライトの誘電率よりも著しく低い。また、Ni-Cu-Znフェライトと同様に、Ag電極と同時に焼成が可能であることがわかる。また、本発明の非磁性セラミック組成物を用いたものではチップ

の変形やクラックの発生は見られなかった。

【0045】次に表1のサンプルNo.9の組成の非磁性セラミック層を有するインダクタを、図3の印刷法により作製し、空気中にて2時間焼成し、図4に示すようなインダクタチップ10を得た（図では巻線は一部省略して表示している）。このインダクタチップ10の内部導

体5の巻数は10.5、巻線ピッチは40μm、インダクタチップ10の寸法はL=1.6mm、W=0.8mm、t=0.8である。また、比較例として、骨材として、2MgO-SiO₂のフォルステライト系の材料を40wt%用いて、上記と同一形状のインダクタチップを製作した。なお、この場合の誘電率は6.5であった。この場合にもクラックの発生は無かった。

【0046】これらのインダクタチップについて、HP4291A、およびフィクスチャー16193Aを用い、周波数レンジ50MHz～1.8GHzで、QおよびLの周波数特性依存性を測定した。QおよびLの周波数依存性を表わすグラフを図6、図7にそれぞれ示す。図6に示されるように、本発明の非磁性セラミックを適用したインダクタチップは、フォルステライト系材料よりも優れた高いQを示す。また、図7から明らかのように、本発明の非磁性セラミックを適用したインダクタチップは、フォルステライト系材料よりもLの高周波特性が優れ、1.5GHz以上の高周波にまで適用できる。

【0047】さらに、サンプルNo.9において、硼珪酸ガラスを特開昭63-265858号公報に近いmol%で、10B₂O₃-45SiO₂-10CaO-10BaO(wt%で、5.37B₂O₃、24.68SiO₂、5.12CaO、13.99BaO)に加えて同様のチップインダクタを作製した。このものの誘電率は6.4であり、焼成条件も980°Cと高く、内部導体にAg(10%)の導電材が使用できず、Ag/Pdを使用した場合の高周波特性は、Q値が低く、自己共振周波数もフォルステライトなみであった。

【0048】なお、上記実施例では印刷法を用いたが、シート法を用いた場合でも、同様の結果が得られることが確認された。また、硼珪酸ガラスはSiO₂70～90wt%で同等の効果を示し、K₂Oを除いたものでも、

あるいはK₂Oに加え、またはこれに加えてNa₂O、BaO、SrO、CaOの1種類以上を5wt%以下含有するものでも同等の結果を示した。

【0049】以上の実施例の結果から、本発明の効果が明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図1】積層セラミックインダクタの構成例の一部を切り欠いて示す平面図である。

【図2】LC複合部品の構成例の一部を切り欠いて示す斜視図である。

【図3】積層セラミックインダクタの製造工程を示した概念図。

【図4】本発明の実施例である積層セラミックインダクタチップの構造を示す概念図である。

【図5】シールド型積層セラミックインダクタの構成例の断面図である。

【図6】積層セラミックインダクタのQの周波数特性を表わすグラフである。

【図7】積層セラミックインダクタのLの周波数特性を表わすグラフである。

【符号の説明】

3 セラミック誘電体層

5 内部導体

6 非磁性セラミック層

10 インダクタチップ体

11 コンデンサチップ体

25 内部電極層

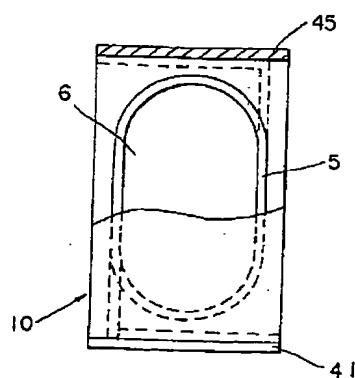
41、45 外部電極

71 内部磁性体

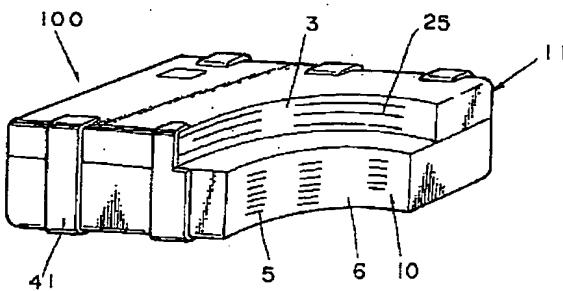
72 外部磁性体

100 LC複合部品

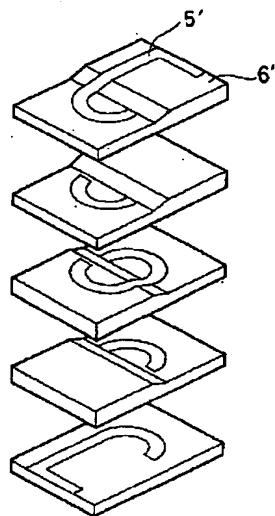
【図1】



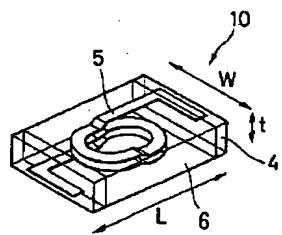
【図2】



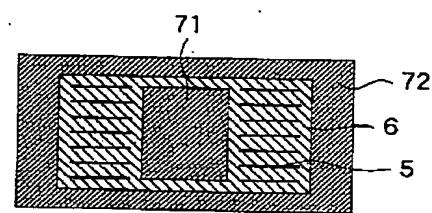
【図3】



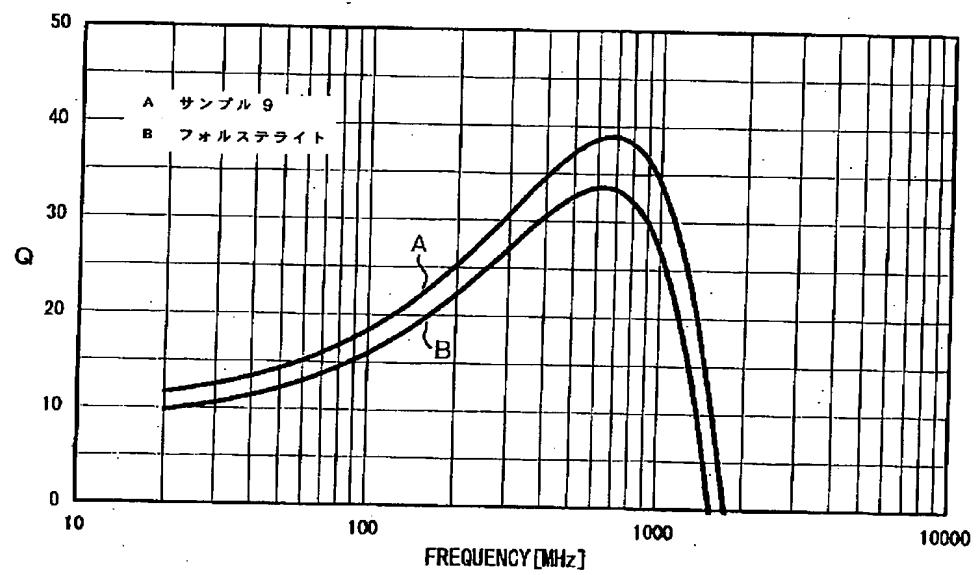
【図4】



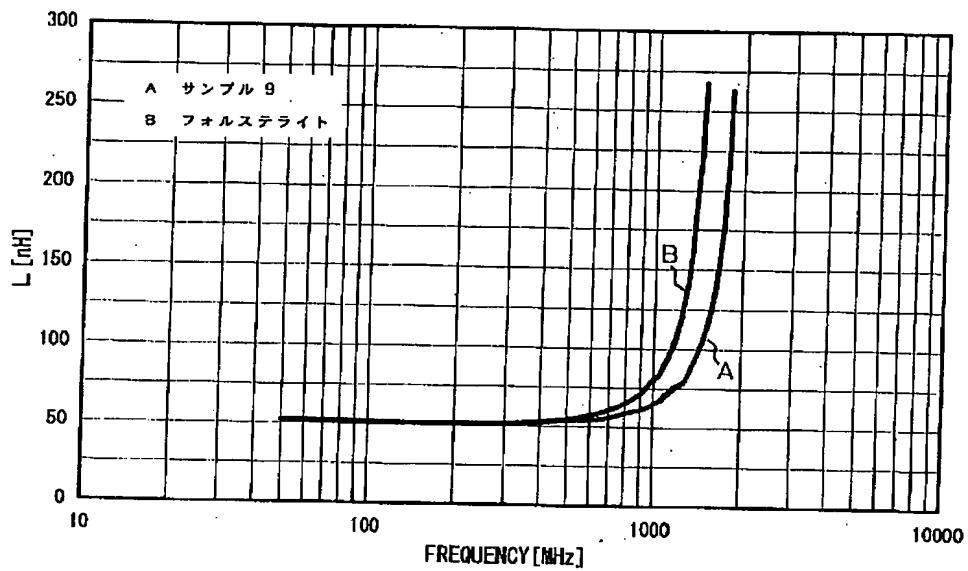
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72) 発明者 増田 秀樹
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
一ディーケイ株式会社内

(72) 発明者 阿部 寿之
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
一ディーケイ株式会社内

(72) 発明者 須田 昭
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティ
一ディーケイ株式会社内